

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-251815

(43)Date of publication of application : 11.11.1991

(51)Int.Cl. G02F 1/03

(21)Application number : 02-050189

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 01.03.1990

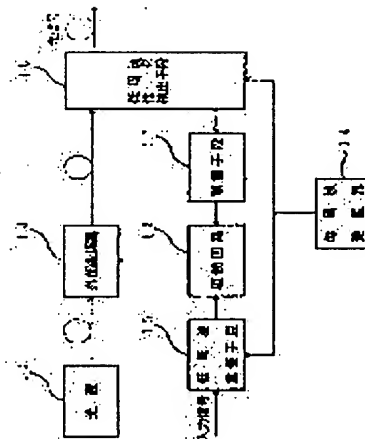
(72)Inventor : KUWATA NAOKI  
NISHIMOTO HIROSHI

## (54) CONTROL SYSTEM FOR EXTERNAL MODULATOR

## (57)Abstract:

PURPOSE: To stabilize the light signal from the external modulator and to prevent the extinction ratio from deteriorating by holding an optimum operation point corresponding to the operation point drift of the external modulator without depending upon an input signal.

CONSTITUTION: A low frequency superposing means 15 is used, the input signal which is amplitude-modulated with the low frequency signal supplied from a low frequency oscillator 14 is supplied to the external modulator 13 through a driving circuit 12, and the projection light of a light source 11 is modulated with the signal from the external modulator 13 to output the light signal. A low frequency signal detecting means 16 detects the frequency component of the low frequency signal superposed upon the light signal and compares it with the phase of the low frequency signal from the oscillator 14 to detect the operation point drift direction of the external modulator 13 from the phase difference. If an operation point drift is generated, the low frequency signal is modulated in in-phase relation corresponding to respective logical values of the input signal and this frequency component is included in the light signal to be outputted. Further, the found phase difference is set to a value which is 180° different corresponding to the direction of the operation point drift and the output light signal of the modulator 13 is stabilized.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑯ 日本国特許庁(JP)

⑰ 特許出願公開

⑱ 公開特許公報(A) 平3-251815

⑲ Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑳ 公開 平成3年(1991)11月11日

G 02 F 1/03

5 0 2

7724-2K

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

㉑ 発明の名称 外部変調器の制御方式

㉒ 特 願 平2-50189

㉓ 出 願 平2(1990)3月1日

㉔ 発 明 者 桑 田 直 樹 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内

㉕ 発 明 者 西 本 央 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内

㉖ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

㉗ 代 理 人 弁理士 古谷 史旺

明 細 書

1. 発明の名称

外部変調器の制御方式

2. 特許請求の範囲

(1) 光源(11)と、

入力信号に応じた駆動電圧を発生する駆動回路(12)と、

前記駆動電圧に応じて前記光源(11)の出射光を変調し、前記入力信号を光信号に変換する外部変調器(13)と

を備えた電気-光変換回路において、

所定の低周波信号を出力する低周波発振器(14)と、

この低周波信号で前記入力信号に振幅変調をかけて前記駆動回路(12)に送出する低周波重畳手段(15)と、

前記外部変調器(13)から出力される光信号に含まれる前記低周波信号の周波数成分を検出し、前記低周波発振器(14)が出力する低周波信号

の位相と比較して動作点ドリフト方向を検出する低周波信号検出手段(16)と、

前記動作点ドリフト方向に応じて、前記外部変調器(13)の動作点をドリフト方向と同方向に制御する制御信号を前記駆動回路(12)に送出する制御手段(17)と

を備えたことを特徴とする外部変調器の制御方式。

3. 発明の詳細な説明

(概 要)

光通信システムに使用される電気-光変換回路から出力される光信号の安定化をはかる外部変調器の制御方式に関し、

入力信号に依存せず、動作点ドリフトに伴う出力光信号の消光比の劣化を防止できることを目的とし、

光源と、入力信号に応じた駆動電圧を発生する駆動回路と、駆動電圧に応じて光源の出射光を変調し、入力信号を光信号に変換する外部変調器と

を備えた電気-光変換回路において、所定の低周波信号を出力する低周波発振器と、この低周波信号で入力信号に振幅変調をかけて駆動回路に送出する低周波重畳手段と、外部変調器から出力される光信号に含まれる低周波信号の周波数成分を検出し、低周波発振器が出力する低周波信号の位相と比較して動作点ドリフト方向を検出する低周波信号検出手段と、動作点ドリフト方向に応じて、外部変調器の動作点をドリフト方向と同方向に制御する制御信号を駆動回路に送出する制御手段とを備えて構成される。

#### 〔産業上の利用分野〕

本発明は、光通信システムに使用される電気-光変換回路から出力される光信号の安定化をはかる外部変調器の制御方式に関する。

#### 〔従来の技術〕

従来、光通信システムの電気-光変換回路には、半導体レーザに流れる電流をデータ信号により変

調する直接変調方式が採用されていた。しかし、直接変調方式では、伝送速度が速くなるに応じて出力される光信号の波長変動(チャーピング)の影響が大きくなるので、光ファイバー内の波長分散により長距離伝送が困難となってきた。

そこで、原理的にチャーピングを生じないマッハツェンダ型外部変調器(以下、「MZ変調器」という。)その他の外部変調器を用いた電気-光変換回路が検討されている。一方、このような外部変調器を用いた構成では、光通信システムの長期安定動作を達成するために、温度変動および経時変化に対して出力される光信号の安定化が必要になっている。

第7図は、外部変調器を用いた電気-光変換回路の基本構成を示す図である。

図において、外部変調器71では、駆動回路73を介して与えられる入力信号に応じて、半導体レーザ75の射出光を変調し、光信号として出力する。

従来、このような電気-光変換回路において、

温度変動に伴う外部変調器の動作点のずれを補償する方法として、入力信号の一方の論理レベルに低周波信号を重畳して変調器を駆動し、出力される光信号から検出される低周波信号の位相により動作点を制御する方法が提案されている。

#### 〔発明が解決しようとする課題〕

ところで、MZ変調器は、印加される直流電圧、温度変化、および経時変化により、その入出力特性に変化(動作点ドリフト)を生じる。

第8図は、MZ変調器の入出力特性を示す図である。

図において、①は動作点ドリフトを生じる前の特性を示し、②は動作点ドリフトを生じた場合の特性を示す。なお、MZ変調器の入出力特性は、図に示すように駆動電圧に対して周期性を有する。したがって、入力信号の各論理値に対応して出力光電力の上下の各尖頭値が得られる駆動電圧 $V_0$ 、 $V_1$ を用いることにより、効率的な2値変調を行うことができる。

このようなMZ変調器から出力される光信号は、動作点ドリフトの発生時に駆動電圧 $V_0$ 、 $V_1$ が一定であると、上述の周期性により消光比が劣化する。したがって、動作点ドリフトが発生した時にそのドリフト量を $dV$ とすると、駆動電圧 $V_0$ 、 $V_1$ をそれぞれ $V_0 + dV$ および $V_1 + dV$ として動作点ドリフトを補償する必要がある。

しかし、入力信号の一方の論理レベルに低周波信号を重畳する従来の動作点ドリフトの補償方法では、入力信号のマーク率の変化、立ち上がり時間あるいは立ち下がり時間の増大により、最適動作点を保持する制御が困難であった。

本発明は、入力信号に依存せずに、動作点ドリフトに伴う出力光信号の消光比の劣化を防止できる外部変調器の制御方式を提供することを目的とする。

#### 〔課題を解決するための手段〕

第1図は、本発明の原理ブロック図である。

図において、駆動回路12は、入力信号に応じ

た駆動電圧を発生する。

外部変調器13は、駆動電圧に応じて光源11の出射光を変調し、入力信号を光信号に変換する。

低周波発振器14は、所定の低周波信号を出力する。

低周波重畳手段15は、この低周波信号で入力信号に振幅変調をかけて駆動回路12に送出する。

低周波信号検出手段16は、外部変調器13から出力される光信号に含まれる低周波信号の周波数成分を検出し、低周波発振器14が出力する低周波信号の位相と比較して動作点ドリフト方向を検出する。

制御手段17は、動作点ドリフト方向に応じて、外部変調器13の動作点をドリフト方向と同方向に制御する制御信号を駆動回路12に送出する。

#### (作用)

本発明では、低周波重畳手段15が低周波発振器14から与えられる低周波信号で振幅変調した入力信号を駆動回路12を介して外部変調器13

に与え、外部変調器13がこの信号で光源11の出射光を変調した光信号を出力する。

低周波信号検出手段16は、このようにして光信号に重畳された低周波信号の周波数成分を検出し、低周波発振器14が出力する低周波信号の位相と比較し、その位相差から外部変調器13の動作点ドリフトの方向を検出する。

ここで検出された位相差は、外部変調器13に動作点ドリフトがない場合には、低周波信号が入力信号の各論理値に対応して逆相で変調され、その周波数成分が出力される光信号に含まれないので「0」となる。また、このような位相の差が「0」となる状態は、入力信号の波形に左右されずに発生する。

一方、動作点ドリフトが生じた場合には、低周波信号が入力信号の各論理値に対応して同相で変調され、その周波数成分が出力される光信号に含まれる。また、求められる位相の差は動作点ドリフトの方向に応じて180°異なる値となる。

したがって、制御手段17が動作点ドリフトの

方向と同方向に動作点を制御する制御信号を駆動回路12に送出することにより、外部変調器13から出力される光信号を安定化させることができる。

#### (実施例)

以下、図面に基づいて本発明の実施例について詳細に説明する。

第2図は、本発明の一実施例を示す図である。

図において、光源である半導体レーザ21は、出射光を外部変調器として用いられるMZ変調器22に与える。一方、入力信号の低周波重畳手段として用いられる可変利得アンプ23には、入力信号および低周波発振器24が出力する所定周波数( $=f_0$ )の低周波信号が入力され、入力信号をこの低周波信号で振幅変調して出力する。この出力信号は、所定の信号レベルを得る駆動アンプ25、さらにコンデンサ26を介してMZ変調器22の一方の変調入力端子に入力される。また、MZ変調器22の他方の変調入力端子には、直列接

続されたバイアスティ27および終端抵抗器28が接続される。なお、駆動アンプ25、コンデンサ26、バイアスティ27および終端抵抗器28は、MZ変調器22の駆動回路に相当する。

MZ変調器22は、この駆動回路から与えられる信号により半導体レーザ21の出射光を変調し、光信号に変換して出力する。

この光信号は、光分岐回路29によりその一部が分岐して取り出される。この分岐された光信号は、光-電気変換を行うフォトダイオード30に入力され、その出力に得られる電気信号は $f_0$ の周波数成分を選択増幅する帯域増幅器31を介してミキサ32の一方の入力端子に入力される。また、ミキサ32の他方の入力端子には低周波発振器24が出力する低周波信号が入力される。ミキサ32は、これらの信号の位相を比較し、その位相差に応じた信号を出力する。なお、分岐回路29、フォトダイオード30、帯域増幅器31およびミキサ32は、低周波信号検出手段に相当する。

この低周波信号検出手段の出力信号は、所定周

波数以下の信号を通過させる低域通過フィルタ33を介して差動アンプ34の一方の入力端子に入力される。また、差動アンプ34の他方の入力端子は、回路アースに接続される。差動アンプ34の出力は、バイアススティ27に接続される。

第3図は、外部変調器の出力光信号の波形を示す図である。

第4図は、正方向の動作点ドリフト発生時における出力光信号の波形を示す図である。

第5図は、負方向の動作点ドリフト発生時における出力光信号の波形を示す図である。

以下、第2図～第5図を参照して、MZ変調器22の動作点ドリフトに応じた動作点の制御動作について説明する。

MZ変調器22で光信号に変換される入力信号の波形は、第3図(a)に示されるように、入力信号に低周波信号が重畳されたものである。このような入力信号で、第3図(b)に示す入出力特性を有するMZ変調器22を駆動すると、第3図(c)に示すように周波数 $2f_0$ の信号で振幅変調された出力光

信号が得られる。

動作点ドリフトがない状態では、入力信号の各論理レベルに対応した駆動電圧 $V_0$ 、 $V_1$ がMZ変調器22の入出力特性上でそれぞれ上下の尖頭値間(半周期)に設定されているために、入力信号に重畳された低周波信号は、入力信号の「0」レベルおよび「1」レベルで互いに逆相で変調される。したがって、帯域増幅器31の出力には、 $f_0$ の周波数成分が検出されない。

しかし、動作点ドリフトが生じると、第4図および第5図に示すように、入力信号に重畳された低周波信号が入力信号の「0」レベルおよび「1」レベルにおいて同相で変調される。出力される光信号の平均電力はこのような同相変調に伴って周波数 $f_0$ で変動し、その周波数成分 $f_0$ の位相はMZ変調器22の動作点ドリフトの方向に応じて、 $180^\circ$ 異なった値となる。したがって、ミキサ32の出力には、その周波数成分 $f_0$ と低周波発振器24が出力する低周波信号との位相差に応じた信号が得られる。

差動アンプ34は、このような動作点ドリフトに応じた信号により、出力光信号に周波数成分 $f_0$ が含まれないように駆動電圧を制御し、動作点ドリフトを補正した最適の動作点を保持する。

なお、本実施例では、バイアススティを介して駆動電圧を供給しているが、低周波で変調された入力信号の包絡線が上下対称であり、かつ駆動アンプ25の直流出力電圧が調整できれば、コンデンサ26およびバイアススティ27を除いてもよい。また、ミキサ32に代えてアナログ乗算用のICを用いてもよい。

以下に、このような動作点ドリフトに応じた動作点制御の動作原理を定量的に説明する。

入力信号の各論理値に対応した入力信号の振幅( $=|V_0 - V_1|$ )を $V\pi$ とし、出力光信号の電力をそのピーク値で正規化した値を $P$ とし、駆動電圧を $V\pi$ で正規化した値を $V$ とすると、MZ変調器22の入出力特性は、

$$P(V) = (1 - \cos(\pi(V - V_d))) / 2$$

の式で与えられる。なお、 $V_d$ は、 $V\pi$ で正規化さ

れた動作点ドリフト電圧である。

ところで、振幅が $V\pi$ の入力信号に相当する入力信号に対して周波数 $f_0$  ( $=\omega_0/2\pi$ )の低周波信号により変調度 $m$ で振幅変調を行うと、入力信号の論理レベル「0」および「1」に対応する駆動電圧 $V_0$ 、 $V_1$ は、

$$V_0 = m \sin(\omega_0 t)$$

$$V_1 = 1 - m \sin(\omega_0 t)$$

の各式で与えられる。また、 $m$ が十分小さい場合において、これらの各論理レベルに対応した出力光信号の電力 $P_0$ 、 $P_1$ は、

$$P_0 = P(V_0)$$

$$\approx (1 - \cos(\pi V_d))$$

$$- \pi m \sin(\omega_0 t) \sin(\pi V_d)) / 2$$

$$P_1 = P(V_1)$$

$$\approx (1 + \cos(\pi V_d))$$

$$- \pi m \sin(\omega_0 t) \sin(\pi V_d)) / 2$$

の各近似式で与えられる。さらに、入力信号の立ち上がり時間および立ち下がり時間における出力光信号の平均電力 $P_2$ は、

$$P_z = \frac{1}{V_1 - V_0} \int_{V_0}^{V_1} P(V) dV$$

$$= 1/2 - \cos(\pi V_0) \sin(\pi V_d) / (\pi (1 - 2 V_0))$$

$$\approx 1/2 - ((1 + 2m \sin(\omega_0 t)) / \pi) \sin(\pi V_d)$$

の近似式で与えられる。

第6図は、アイバターンにおける入力信号の各論理値の出現確率を示す図である。

図において、Mは入力信号のマーク率を示し、rは入力信号のビットレート $f_b$ と入力信号の立ち上がり時間および立ち下がり時間( $= r(1/f_b)$ )の関係を示す定数である。

したがって、このような出現確率を用いて、入力信号に重畳される低周波信号の周期( $= 1/f_0$ )より十分短い時間で平均した出力光信号の電力 $P_{av}$ は、

$$P_{av} = (r(1-M)^2 + (1-r)(1-M))P_0$$

$$+ (rM^2 + (1-r)M)P_1 + 2r(1-M)MP_2$$

$$\equiv K_0 P_0 + K_1 P_1 + K_2 P_2$$

の式で与えられる。なお、 $K_0$ 、 $K_1$ および $K_2$ は、それぞれ上式中に示される比例定数である。

#### 〔発明の効果〕

上述したように、本発明によれば、入力信号に依存せずに、外部変調器の動作点ドリフトに対して最適動作点を保持することができる。

したがって、外部変調器から出力される光信号が安定化されてその消光比の劣化が防止され、外部変調器を実用システムに導入することが可能となる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の原理ブロック図、

第2図は本発明の一実施例を示す図、

第3図は外部変調器の出力光信号の波形を示す図、

第4図は正方向の動作点ドリフト発生時における出力光信号の波形を示す図、

第5図は負方向の動作点ドリフト発生時における出力光信号の波形を示す図、

第6図はアイバターンにおける入力信号の各論理値の出現確率を示す図、

したがって、出力光信号の電力 $P_{av}$ に含まれる低周波信号の周波数 $f_0$ の成分Pは、

$$P = - \{ (r(1-M)^2 + (1-r)(1-M) + (rM^2 + (1-r)M))(\pi/2) + 2r(1-M)M(\pi/2) \}$$

$$\times m \sin(\pi V_d) \sin(\omega_0 t)$$

の式で与えられる。したがって、周波数 $f_0$ の成分Pは、動作点ドリフトの方向( $V_d$ の極性)によってその位相が $180^\circ$ 異なる。また、この周波数成分Pを基準周波数 $\sin(\omega_0 t)$ と乗算すると、動作点ドリフトの方向に応じた正負の直流成分を検出することができる。すなわち、この直流成分を「0」とする制御を行うことによって、動作点を最適に保持することができる。

なお、周波数成分Pが常に「0」となるのは動作点ドリフト $V_d$ が「0」の場合だけであるので、入力信号の波形に応じて変動するパラメータMおよびrに依存せずに動作点を最適に制御できる。

第7図は外部変調器を用いた電気-光変換回路の基本構成を示す図、

第8図はMZ変調器の入出力特性を示す図である。

図において、

11は光源、

12は駆動回路、

13は外部変調器、

14は低周波発振器、

15は低周波重畳手段、

16は低周波信号検出手段、

17は制御手段、

21、75は半導体レーザ、

22はマッハツェンダ型外部変調器(MZ変調器)、

23は可変利得アンプ、

24は低周波発振器、

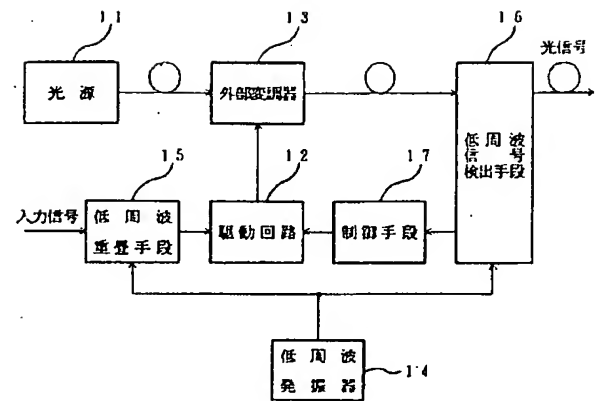
25は駆動アンプ、

26はコンデンサ、

27はバイアスティ、

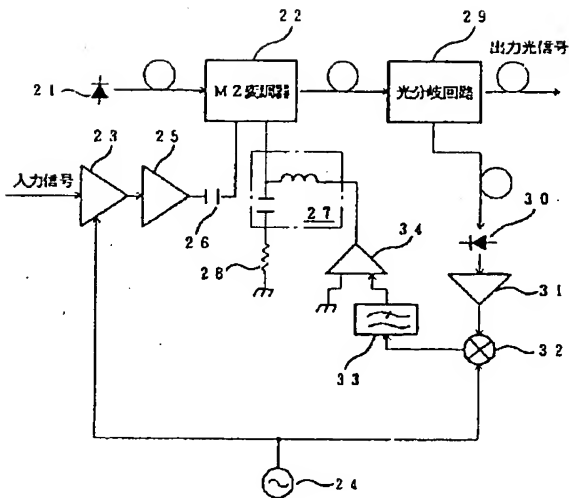
28は終端抵抗、  
29は光分岐回路、  
30はフォトダイオード、  
31は帯域増幅器、  
32はミキサ、  
33は高域遮断フィルタ、  
34は差動アンプ、  
71は外部変調器、  
73は駆動回路である。

特許出願人 富士通株式会社  
代理人 弁理士 古谷 史 昭



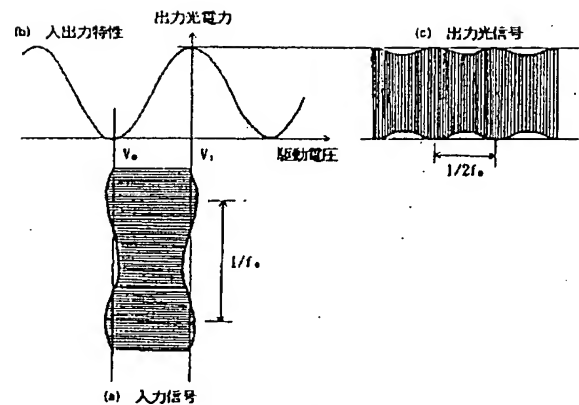
本発明の原理ブロック図

第 1 题



本発明の一実施例を示す図

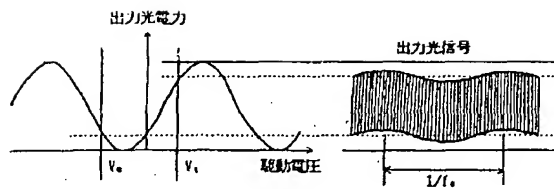
第 2 图



外部変調器の出力光信号の波形を示す図

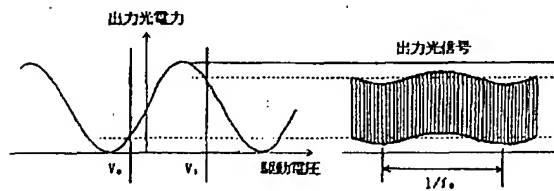
第 3 圖





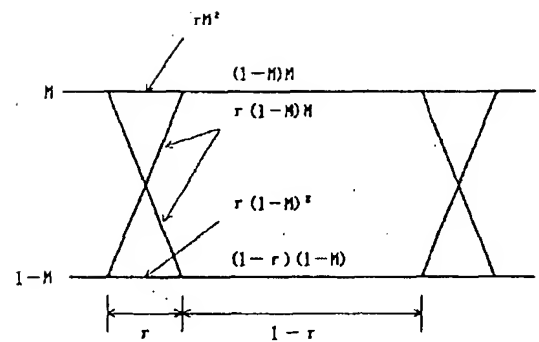
正方向の動作点ドリフト発生時における出力光信号の波形を示す図

第 4 図



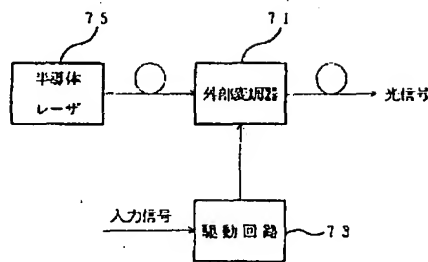
負方向の動作点ドリフト発生時における出力光信号の波形を示す図

第 5 図



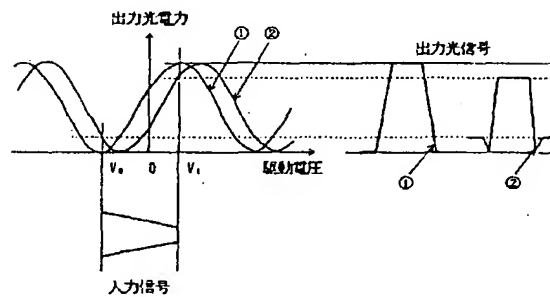
アイパターンにおける入力信号の各論理値を示す図

第 6 図



外部変調器を用いた電気-光変換回路の基本構成を示す図

第 7 図



M2変調器の入出力性を示す図

第 8 図